



**BUREAU  
VERITAS**



# **Gráficos de Control por Variables**

## GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

Los gráficos de control por variables se utilizan para aquellas características de calidad que permiten ser medidas y, por lo tanto, son cuantificables.

A lo largo de esta Unidad de Competencia se desarrollarán los modelos de gráficos de control por variables más utilizados, comprendiendo su base teórica mediante aplicaciones prácticas así como sus ventajas y usos.

### OBJETIVOS

Adquirir las competencias necesarias para conocer y comprender los usos y aplicaciones de los gráficos de control por variables en el control de procesos.

### CONOCIMIENTOS

- Descripción.
- Gráfico de Medias y Rangos con Estándar Dado.
- Gráfico de Medias y Rangos sin Estándar Dado.
- Aplicación Práctica.
- Gráfico de Valores Individuales y Rangos Móviles.
- Aplicación Práctica.
- Interpretación de Gráficos de Control por Variables.

BUREAU  
VERITAS

## DESCRIPCIÓN

Como ya hemos visto, en los gráficos de control por variables, la **característica** que se estudia es una **variable continua, medible** numéricamente.

A continuación se muestra un cuadro resumen de los gráficos de control por variables que veremos detalladamente en esta Unidad de Competencia.

Tipo de Gráfico	Dato Estadístico
Gráfico $\bar{x}$ -R	■ Media y rango.
Gráfico x-R	■ Valores individuales y rangos móviles.

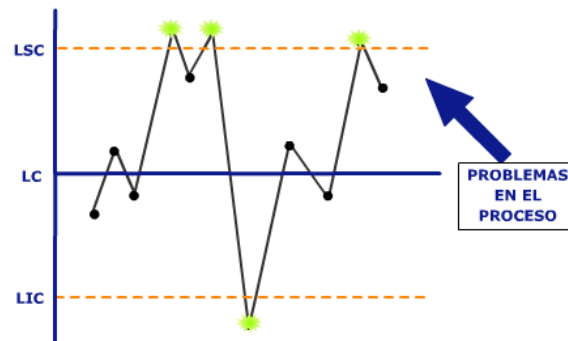
## Ventajas

Son muchas las ventajas que existen con el uso de los gráficos de control por variables.

### ***Ventajas del Uso de Gráficos de Control por Variables***

- Ofrecen un **uso muy amplio**.
- Proporcionan información **útil respecto al funcionamiento del proceso**:
- Ofrecen un **uso muy amplio**.
- Proporcionan información útil respecto al funcionamiento del proceso:
  - Se obtiene directamente información específica acerca de la media del proceso y su variabilidad.
  - Cuando hay puntos que caen fuera de control se puede extraer mucha información sobre la causa especial que provocó esta señal fuera de control.
  - Incluso con todos los valores individuales dentro de las especificaciones, se puede analizar el proceso, lo que facilita su mejora.
  - Ayudan en el estudio de la capacidad de un proceso.

- Proporciona una indicación de problemas inminentes y permiten al personal operativo tomar acciones correctivas antes de que ocurra la producción real de artículos defectuosos. Los **gráficos de control son indicadores anticipados de problemas**.



- Los gráficos de control por variables necesitan un tamaño muestral más pequeño que los gráficos por atributos. De esta manera, se tendrán que controlar menos unidades y el **tiempo para la toma de decisiones es menor**. Esta es una consideración muy importante, también, por ejemplo, en los casos en los que la inspección es destructiva.

### Usos de los Gráficos de Control por Variables

Los **gráficos de control por variables** son apropiados, entre otros, en los siguientes casos:

<p style="text-align: center;"><b>Procesos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Cuando se introduce un <b>nuevo proceso</b>, o se fabrica un <b>nuevo producto</b> mediante un proceso ya existente.</li> <li>■ Para <b>demostrar</b> de forma continua la <b>estabilidad y capacidad</b> del proceso.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Problemas en Procesos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Cuando el <b>proceso</b> ya funciona pero tiene <b>problemas crónicos</b>.</li> <li>■ Cuando existen <b>problemas en el proceso</b> y el gráfico de control por variables puede ser una herramienta de utilidad para diagnosticar el problema, como, por ejemplo, para la localización de una avería.</li> <li>■ Para casos en que se han utilizado gráficos de control por atributos, pero el <b>proceso</b> se encuentra <b>fuera de control o bajo control pero con producción inaceptable</b>.</li> <li>■ Situaciones en las que el <b>operario</b> debe decidir si <b>ajusta o no el proceso</b>.</li> </ul>

<b>Especificaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Procesos con <b>especificaciones muy estrechas</b>, o que no las cumplen u otros problemas de manufactura difíciles.</li> <li>■ Cuando se requiere un <b>cambio en las especificaciones</b> del proceso.</li> </ul>
<b>Otros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Para casos en que se requieren <b>pruebas destructivas</b>.</li> <li>■ Cuando es conveniente <b>reducir al mínimo el muestreo para aceptación</b> u otras pruebas, siempre que el proceso se pueda manejar bajo control.</li> </ul>

Para el caso en especial de los **gráficos de control para observaciones individuales**, serán apropiados en que:

<b>Gráficos de Control de Valores Individuales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Procesos</b> en los que <b>es inconveniente o imposible obtener más de una medición</b> por muestra o <b>es costoso</b> obtener valores medios.</li> <li>■ <b>Procesos</b> en los que la tecnología de pruebas de inspección <b>automatizadas permite medir todas las unidades</b> producidas.</li> <li>■ Situaciones en las que <b>los datos se obtiene</b> muy despacio y no sería práctico esperar una muestra mayor, lo que además haría el procedimiento de control demasiado lento para reaccionar a los problemas. Esto sucede a menudo en situaciones no industriales, como puede ser el caso de disponer de datos sobre la contabilidad sólo una vez al mes.</li> </ul>
--	--

### Construcción del Gráfico

La construcción de un gráfico de control por variables requiere la realización de una serie de pasos que se detallan a continuación.





- **Seleccionar la característica medible** que va a ser la base de estudio.
- **Decidir el tamaño de muestra.** Se requiere un tamaño de muestra constante. Habitualmente será sobre 5 elementos.
- **Establecer la frecuencia de muestreo.**
- **Elegir el número de muestras.** Una media de 20 o más muestras, de forma que dé un total de 100 o más unidades inspeccionadas.
- **Registrar los datos.** Si éstos se realizan manualmente, existen plantillas que adoptan pequeñas variantes dependiendo del tipo de gráfico a realizar por la empresa.

- **Calcular** los parámetros estadísticos que se utilizarán: media, recorrido, desviación típica...
- **Seleccionar** la **escala** del gráfico.
- **Calcular** los **límites de control** y la **línea central**.
- **Trazar** las medias y los límites de control **en el gráfico**.
- **Interpretar el gráfico** y **planificar actuaciones** sobre el proceso si es necesario.

## Categorías de Gráficos de Control por Variables

Hay dos condiciones distintas bajo las que se usan los gráficos de control:

<p><b>Sin Estándar Dado</b></p>	<p>Los gráficos, como principal utilidad, son <b>usados para investigar el estado de control</b> de un proceso.</p> <p>Podemos encontrarnos <b>tres situaciones</b>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Que el <b>proceso no</b> haya sido <b>examinado</b> previamente.</li> <li>■ Que se le hayan realizado <b>cambios importantes</b>.</li> <li>■ Que se examine para observar el <b>estado de control continuo</b> después de que un análisis preliminar de distribución de frecuencias demostró control inicial.</li> </ul> <p>Para estos casos, los valores de los límites de control y de la tendencia central se calculan como parte del análisis de las lecturas que se realizan de los datos registrados.</p> <p>En este caso la condición se denomina <b>sin estándar dado</b>.</p>
<p><b>Con Estándar Dado</b></p>	<p>Esta condición implica que la <b>tendencia central</b> y los <b>valores de dispersión han sido establecidos inicialmente</b>.</p>

## GRÁFICO DE MEDIAS Y RANGOS CON ESTÁNDAR DADO

La medida de **tendencia central**, es decir, la media muestral,  $\bar{X}$ , está controlada mediante el **gráfico de la media**, mientras que la **variabilidad** se controla mediante el recorrido, R, que constituye el **gráfico de rango o recorrido**.

La característica de estudio se puede aproximar a una **distribución Normal** donde, al tratarse de muestras, la media coincide con la poblacional,  $\mu$ , y la desviación típica será  $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ .

### Gráfico de la Media

Para el gráfico de la media, los límites de control, que se establecen a 3 veces la desviación típica de la muestra, y la línea central serán:

- $LSC = \mu + 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  o  $LSC = \mu + A\sigma$
- $LC = \mu$
- $LIC = \mu - 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$  o  $LIC = \mu - A\sigma$

Con un valor de A:

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}}$$

Donde el valor de A se puede encontrar tabulado, para distintos tamaños de muestra, n, en la *Tabla de Factores para construir gráficos de control* que figura al final de esta Unidad de Competencia.

### Gráfico del Rango

El rango es un parámetro de variabilidad.

El rango o recorrido es la **diferencia entre el mayor y el menor dato** de cada grupo de observaciones tomadas de forma consecutiva.

Si un proceso se encuentra bajo control, es posible obtener una **relación entre el rango muestral** para muestras de tamaño n **y la desviación típica de la población** que tendremos como estándar dado. Esta relación será a través de la expresión:



$$s \approx \sigma = \frac{R}{d_2}$$

$$R = d_2 \cdot \sigma$$

Donde:

- $s$  es la desviación típica de la muestra.
- $\sigma$  es la desviación típica de la población.

Pudiendo encontrar el valor de  $d_2$  para muestras de distinto tamaño en la Tabla de Factores para construir gráficos de control.

La **desviación estándar del rango muestral** se representa por:

$$\sigma_R = d_3 \cdot \sigma$$

Los valores de  $d_3$ , también en función del tamaño de  $n$ , se encuentran tabulados.

Los límites de control del rango vendrán dados por:

$$R \pm 3\sigma_R$$

Como  $R = d_2 \cdot \sigma$  y  $\sigma_R = d_3 \cdot \sigma$ , la expresión pasaría a ser:

$$d_2\sigma \pm 3d_3\sigma$$

Si llamamos a:

- $D_2 = d_2 + 3d_3$
- $D_1 = d_2 - 3d_3$

Los límites de control y la línea central resultan ser:

- $LSC = D_2 \cdot \sigma$
- $LC = d_2 \cdot \sigma$
- $LIC = D_1 \cdot \sigma$

Donde los valores de  $D_1$  y  $D_2$  se encuentran tabulados en la *Tabla de Factores para construir gráficos de control* que se adjunta, para distintos tamaños de muestra,  $n$ .

## GRÁFICO DE MEDIAS Y RANGOS SIN ESTÁNDAR DADO

En la mayoría de los casos, los **parámetros poblacionales  $\mu$  y  $\sigma$  son desconocidos**, con lo cual **deben obtenerse estimadores** de estos parámetros.

Éstos se consiguen a través de los datos obtenidos por los subgrupos de muestras de  $n$  observaciones recogidas mientras el proceso se encuentra bajo control.

Las **muestras deben contener unidades homogéneas**, producidas bajo las mismas condiciones de forma que los estadísticos que se obtienen de ellos sean buenos estimadores de los parámetros del proceso.

La característica de estudio se puede aproximar a una **distribución Normal** para una muestra de la población donde, la media muestral será la media de las medias de los subgrupos de muestra recogidas,  $\bar{\bar{x}}$ , y la desviación típica será  $\frac{s}{\sqrt{n}}$ .

La **relación entre el rango muestral y la desviación típica poblacional** seguirá estando definida a través de la expresión:

$$s \approx \sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$\bar{R} = d_2 \cdot \sigma$$

Donde  $\bar{R}$  es la media de los rangos de los distintos grupos de observaciones recogidas en el proceso.

### Gráfico de Medias

Para el gráfico de la media, los límites y la línea central serán:

- $LSC = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$
- $LC = \bar{\bar{x}}$
- $LIC = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$

Donde el valor de  $A_2$  se puede encontrar, para distintos tamaños de muestra,  $n$ , en la *Tabla de Factores para construir gráficos de control* para distintos tamaños de muestra,  $n$ .

$$A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$$

### Gráfico del Rango

Como en el caso del gráfico de medias, para el gráfico de rangos, los límites de control se establecen a  $3\sigma$ , que implica 3 veces la desviación del rango  $\sigma_R$ .

$$\bar{R} \pm 3\sigma_R$$

$$\sigma_R = d_3 \cdot \sigma$$

De la expresión  $\bar{R} = d_2 \cdot \sigma$  se deduce que:

$$\sigma_R = d_3 \cdot \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Nombrando:

- $D_4 = 1 + 3 \frac{d_3}{d_2}$
- $D_3 = 1 - 3 \frac{d_3}{d_2}$

Para el gráfico de rangos o recorridos, los límites se quedan establecidos como:

- $LSC = D_4 \bar{R}$
- $LC = \bar{R}$
- $LIC = D_3 \bar{R}$

Los valores de  $D_3$  y  $D_4$  se recogen, para distintos tamaños de muestra,  $n$ , en la *Tabla de Factores para construir gráficos de control*.

BUREAU

VERITAS

## APLICACIÓN PRÁCTICA

Una empresa alimentaria se dedica, en una de sus plantas, a la fabricación de paté de finas hierbas. El paté se vende en tarrinas de 200 g. El equipo de control de calidad decide comenzar un estudio para ver el estado de control del proceso, para ello, se extraen cuatro tarrinas de la línea de producción en intervalos de 10 minutos registrando el peso. Los datos figuran a continuación:

Nº de Grupo	Tarrina 1 (g)	Tarrina 2 (g)	Tarrina 3 (g)	Tarrina 4 (g)	$\bar{x}$ (g)	R (g)
1	202	201	198	199	200,00	4
2	200	202	206	202	202,50	6
3	202	201	208	201	203,00	7
4	201	200	200	202	200,75	2
5	207	196	200	198	200,25	9
6	202	206	205	203	204,00	4
7	199	203	202	199	200,75	4
8	206	204	204	206	205,00	2
9	206	204	203	204	204,25	3
10	200	204	205	203	203,00	5
11	202	201	199	200	200,50	3
12	204	204	202	206	204,00	4
13	203	204	204	203	203,50	1
14	214	212	206	208	210,00	8
15	192	198	202	198	197,50	10
16	207	208	206	204	206,25	4
17	205	201	206	202	203,50	5
18	204	202	196	201	200,75	8
19	205	204	205	204	204,50	1
20	202	202	208	208	205,00	6
21	204	206	209	202	205,25	7
22	206	206	206	204	205,50	2
23	204	202	204	207	204,25	5
24	206	205	204	202	204,25	4

En la tabla figuran las columnas:

- **Nº de grupo:** corresponde a cada una de las muestras de cuatro tarrinas recogidas a intervalos de 10 minutos.
- **Tarrina 1, 2, 3, 4:** corresponde al peso de las tarrinas en gramos.
- $\bar{x}$ : media del peso de las cuatro tarrinas de cada grupo, que será los datos que se representarán en el gráfico de medias.
- **R:** rango de las cuatro tarrinas de cada grupo, que se corresponde con la diferencia entre el mayor y el menor valor de cada grupo de cuatro tarrinas y se corresponden con los datos que se presentarán en el gráfico de recorridos.

El gráfico que debe elaborarse para realizar el estudio del estado de control del proceso será sin estándar dado, ya que no existen datos anteriores, y queremos estudiar el proceso por primera vez.

Primero se realizará el gráfico de medias. Para ello, deben calcularse los límites de control y la línea central.

Los límites de control y la línea central vienen definidos por las expresiones:

- $LSC = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$
- $LC = \bar{\bar{x}}$
- $LIC = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$

Donde:

- $\bar{\bar{x}}$  es la media de las medias de las cuatro tarrinas de cada grupo. Su valor se obtendrá del cálculo de la media de la columna designada con  $\bar{\bar{x}}$ :

$$\bar{\bar{x}} = \frac{200,00 + 204,00 + 203,00 + \dots + 204,25 + 204,25}{24} = 203,27$$

- $A_2$  es un valor tabulado con respecto al tamaño de muestra. En este caso, el tamaño de muestra es  $n = 4$  y el valor de  $A_2$  recogido en la *Tabla de Factores para construir gráficos de control*, es de:

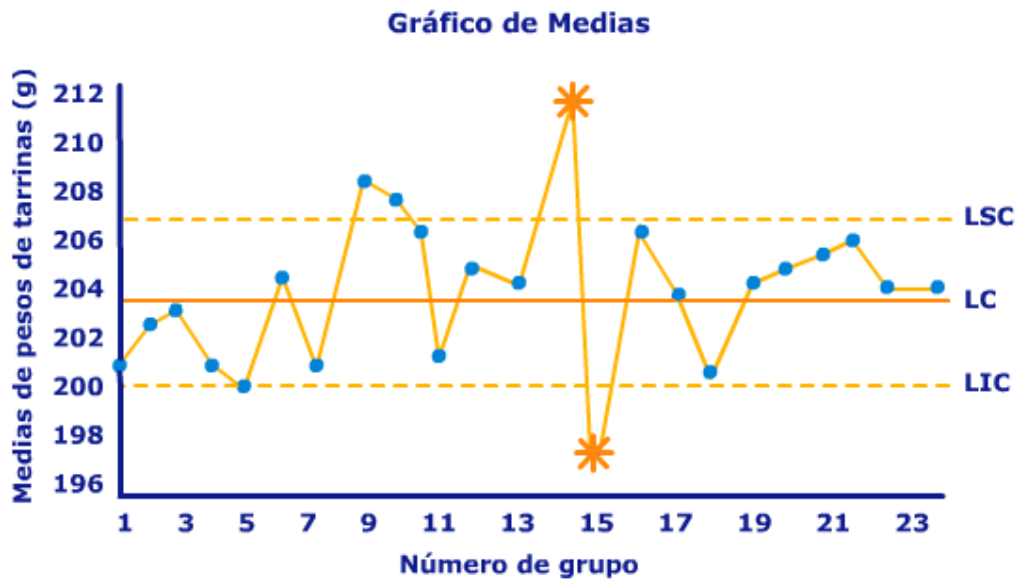
$$A_2 = 0,729$$

- $\bar{R}$  es la media de los valores de los rangos para cada grupo. Su valor es:

$$\bar{R} = \frac{4 + 12 + 7 + 2 + \dots + 5 + 4}{24} = 4,75$$

De esta forma, los límites de control y línea central para el gráfico de medias quedan definidos como:

- $LSC = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 203,27 + 0,729 \cdot 4,75 = 206,73$
- $LC = \bar{\bar{x}} = 203,27$
- $LIC = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 203,27 - 0,729 \cdot 4,75 = 199,81$



Para el gráfico de rangos o recorridos, los límites de control y la línea central se definen con las expresiones:

- $LSC = D_4 \bar{R}$
- $LC = \bar{R}$
- $LIC = D_3 \bar{R}$

Los valores de  $D_3$  y  $D_4$  se encuentran en la *Tabla de Factores para construir gráficos de control*. Para un tamaño de muestra 4:

$$D_3 = 0$$

$$D_4 = 2,282$$

Así, los límites y la línea central toman los valores:

- $LSC = D_4 \bar{R} = 2,282 \cdot 4,75 = 10,84$
- $LC = \bar{R} = 4,75$
- $LIC = D_3 \bar{R} = 0$

Gráfico de Rangos



## Conclusiones

En el **gráfico de medias** se observa que **dos valores se encuentran fuera de los límites de control**, uno por encima del límite superior y el otro por debajo del inferior, que se corresponden con los grupos de muestras 14 y 15.

En este caso indica que, para estos grupos de datos, el proceso no se encuentra bajo control, de forma que se procedería a buscar las causas especiales que generan estos dos datos y si se encuentran, se volverían a realizar los cálculos de los límites y la línea central sin contar con estos dos puntos para ver si, al eliminar estas causas asignables, el proceso se encuentra bajo control.

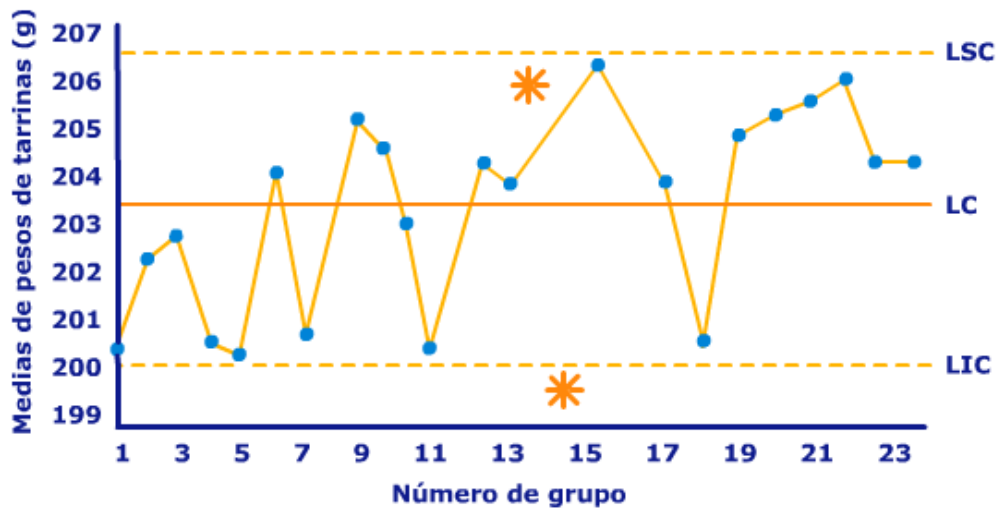
El **gráfico de rangos** representa que la **variabilidad de los datos permanece estable** ya que ninguno de ellos supera los límites de control.

Si **se recalculan** los parámetros involucrados en el **gráfico de control de medias**, eliminando los datos de los grupos 14 y 15, los resultados quedarían:

- $LSC = \bar{\bar{x}} = 203,23$
- $LSC = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 203,23 + 0,729 \cdot 4,36 = 206,40$
- $LIC = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 203,23 - 0,729 \cdot 4,36 = 200,05$



Gráfico de Medias



Si para el gráfico de rangos se hace el mismo procedimiento:

- $LSC = D_4 \bar{R} = 2,282 \cdot 4,36 = 9,95$
- $LC = \bar{R} = 4,36$
- $LIC = D_3 \bar{R} = 0$

Gráfico de Rangos



Tras eliminar las causas asignables se puede concluir diciendo que el proceso se encuentra bajo control.



## GRÁFICO DE VALORES INDIVIDUALES Y RANGOS MÓVILES

Como ya hemos visto, **en ocasiones no resulta práctico tomar muestras de varios elementos.**

Cuando un gráfico de control se basa en **observaciones individuales**, se denomina gráfico de valores individuales o gráfico X.

Se utiliza cuando es costoso obtener valores medios o se desea una acción rápida de forma que se prefieren los datos medidos individualmente más que conjuntos de muestras, así como casos en que sólo tiene sentido realizar una observación como son estudios de contabilidad, ventas, costes, etc.

La estimación de **la variabilidad** se realiza mediante el uso de **rangos o recorridos móviles**, es decir, calcular la diferencia entre dos observaciones sucesivas.

La característica de estudio se puede aproximar a una distribución Normal para una muestra de la población donde, la media muestral será la media de las observaciones individuales,  $\bar{x}$ , y la desviación típica será  $\frac{s}{\sqrt{n}}$ .

### Gráfico de Valores Individuales

La línea central vendrá dada por el valor de la media de los valores tomados individualmente:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Donde:

- $x_i$  es cada una de las observaciones que se tiene como datos.
- $n$  es el número total de observaciones.

La desviación típica se estima a partir de los recorridos móviles. El **recorrido móvil es la diferencia entre el mayor y el menor de dos observaciones consecutivas**, de forma que, para  $n$  observaciones se obtendrán  $n-1$  recorridos móviles, y su promedio dará el recorrido móvil medio  $\bar{R}$ .

Como ya hemos visto, la relación con la desviación típica se define a través de la expresión:

$$s = \sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

Los límites de control y la línea central se expresarán como:

- $LSC = \bar{x} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{x} + E_2 \bar{R}$
- $LC = \bar{x}$
- $LIC = \bar{x} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{x} - E_2 \bar{R}$

Donde:

El valor de  $E_2 = \frac{3}{d_2}$  y su valor, para cada tamaño de muestra  $n$ , se encuentra en la *Tabla de Factores para construir diagramas de control*.

### Gráfico de Rangos Móviles

Los límites de control y la línea central para el gráfico de rangos móviles vendrán dados por las mismas expresiones que el gráfico de rangos sin estándar dado, es decir:

- $LSC = D_4 \bar{R}$
- $LC = \bar{R}$
- $LIC = D_3 \bar{R}$

Donde los valores de  $D_3$  y  $D_4$  se recogen, para distintos tamaños de muestra,  $n$ , en la Tabla de Factores para construir gráficos de control.

Normalmente, el valor de  $n = 2$ , ya que los rangos móviles suelen calcularse sobre dos observaciones sucesivas.

BUREAU  
VERITAS

## APLICACIÓN PRÁCTICA

Un fabricante de botellas de PVC realiza una inspección del peso, en gramos, de 25 botellas, obteniendo los siguientes datos, recogidos de columna en columna de izquierda a derecha.

33,0	32,7	33,0	33,2	33,1
32,6	32,9	32,8	33,4	33,0
33,0	32,8	33,0	33,4	33,0
32,8	33,4	33,5	32,6	32,7
32,6	33,3	33,0	33,1	32,9

Lo que representa la tabla son los valores del peso de 25 botellas, datos tomados de forma individual. Para realizar un gráfico de valores individuales lo primero que necesitamos es **calcular los rangos móviles**.

Para ello:

- Seleccionamos dos observaciones consecutivas.
- Calculamos la diferencia del valor mayor menos el menor y así de forma sucesiva hasta obtener  $n-1$  rangos móviles, suponiendo que  $n$  es el número de unidades que hemos inspeccionado.

A continuación se recoge, en una tabla, una primera columna con los datos de las 25 unidades inspeccionadas y otra columna con el cálculo de los rangos móviles realizado por el procedimiento descrito.

Observar que el número de datos de rangos móviles es de  $n-1 = 24$ .



Peso botella PVC (g)	Rango Móvil
33,0	0,4
32,6	0,4
33,0	0,2
32,8	0,2
32,6	0,1
32,7	0,2
32,9	0,1
32,8	0,6
33,4	0,1
33,3	0,3
33,0	0,2
32,8	0,2
33,0	0,5
33,5	0,5
33,0	0,2
33,2	0,2
33,4	0
33,4	0,8
32,6	0,5
33,1	0
33,1	0,1
33,0	0
33,0	0,3
32,7	0,2
32,9	

Una vez calculados los rangos, se calcula la media de las observaciones:

$$\bar{x} = \frac{33,0 + 32,6 + \dots + 32,9}{25} = 32,99$$

Los **límites de control** y la **línea central** para el **gráfico de valores individuales** vienen definidos por:

- $LSC = \bar{X} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{X} + E_2 \bar{R} = 32,99 + 3 \frac{0,26}{1,128} = 33,68$
- $LC = 32,99$
- $LIC = \bar{X} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{X} - E_2 \bar{R} = 32,99 - 3 \frac{0,26}{1,128} = 32,30$

Tomando como valor de  $E_2 = 2,66$  para una muestra de tamaño  $n=2$ , ya que los rangos móviles los hemos calculado para cada 2 observaciones consecutivas.



Para el **gráfico de rangos móviles**, los límites de control y la línea central quedan definidos como:

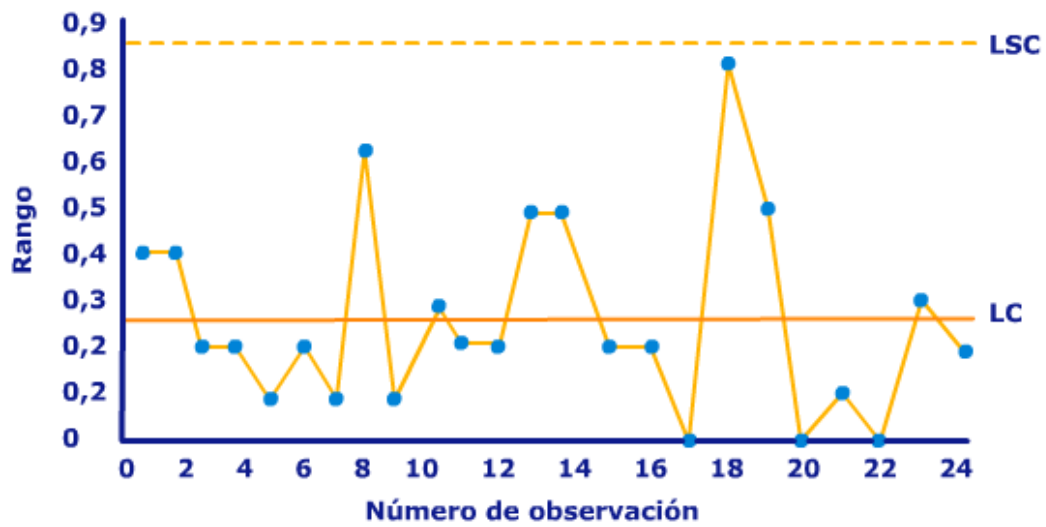
- $LSC = D_4 \bar{R} = 3,267 \cdot 0,26 = 0,85$
- $LC = \bar{R} = 0,26$
- $LIC = D_3 \bar{R} = 0$

Tomando como valores de  $D_3$  y  $D_4$  para un tamaño de muestra  $n=2$ :

- $D_3 = 0$
- $D_4 = 3,267$

BUREAU  
VERITAS

Gráfico de Rangos Móviles



### Conclusiones

El **gráfico de valores individuales** muestra que el proceso se encuentra bajo control ya que ninguno de los datos supera los límites de control establecidos.

El **gráfico de rangos móviles** representa que la variabilidad de los datos permanece estable ya que ninguno de ellos supera los límites de control.

BUREAU  
VERITAS

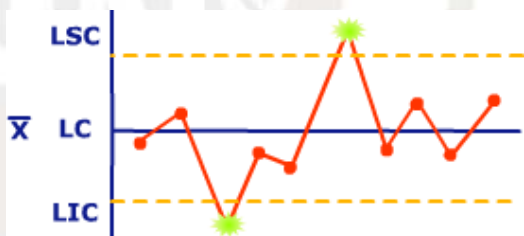
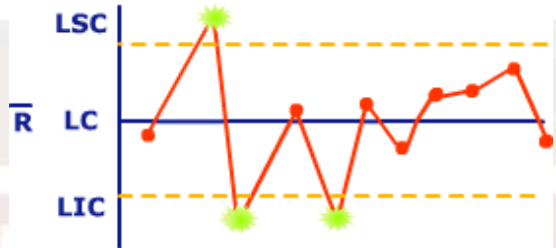
## INTERPRETACIÓN DE LOS GRÁFICOS DE CONTROL POR VARIABLES

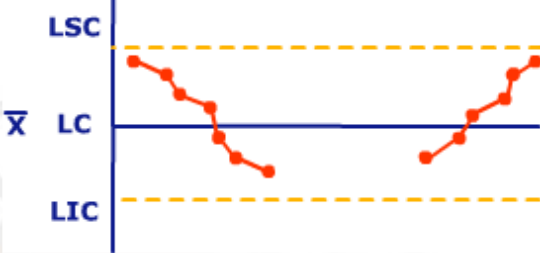
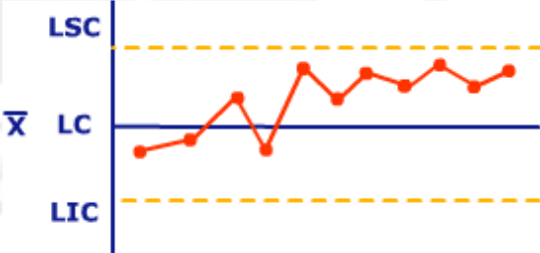
El objetivo del uso de los gráficos de control es ver como a partir de la variación de la media o el recorrido a lo largo del tiempo, se puede detectar la aparición de causas asignables.

Para ello existen una serie de **patrones**, difíciles de encontrarse en procesos bajo control, lo cual nos da la idea de poder tratar con una causa assignable que lo provoque.

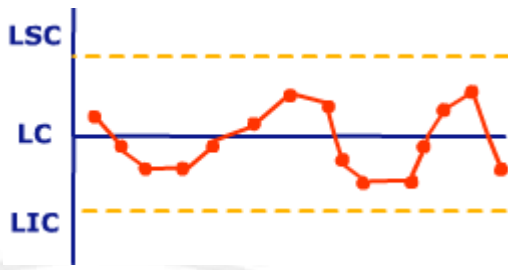
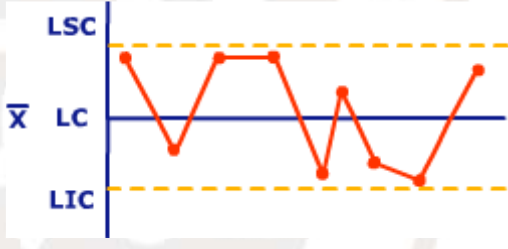
La forma en la que aparecen anomalías puede ayudar a identificar las causas asignables, **pero no existe una regla general**, porque **cada proceso tiene** unas **características particulares** y cada patrón de inestabilidad debe personalizarse para el proceso que se trate en cada caso.

Cuando se encuentra alguno de los siguientes patrones, debe interpretarse que el proceso está afectado por alguna causa assignable, de forma que ha de buscarse cual es ésta y eliminarla.

<b>Patrones</b>	
<b>Puntos Fuera de Control en Gráfico de Medias</b>	<p>Un <b>desplazamiento de la media</b> del proceso <b>producirá valores extremos</b> en el gráfico de medias, pero no afectará a la dispersión del proceso, de forma que el gráfico R seguirá reflejando estar bajo control.</p> 
<b>Puntos Fuera de Control en Gráfico de Rangos</b>	<p>Un <b>cambio en la variabilidad</b> <b>producirá valores anormales</b> en el gráfico de dispersión que también pueden reflejarse en el de las medias.</p> 

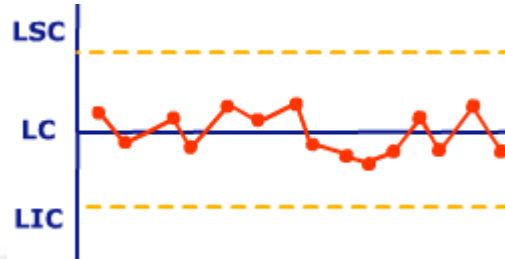
<p><b>Tendencias</b></p>	<p>Si el <b>desplazamiento de la media o la desviación típica es paulatino</b> a lo largo del tiempo, este efecto se detectará por alineamiento de los puntos.</p> <p>Así, en general, <b>6 o más puntos seguidos en sentido creciente o decreciente</b>, indica la presencia de algún valor que influye gradualmente en el proceso indicando anomalía.</p>  <p>Por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gráfico X: desgaste de la maquinaria, cambios de temperatura, fatiga de operarios.</li> <li>■ R en sentido ascendente: envejecimiento de la máquina, mezclas.</li> <li>■ R en sentido descendente: mejora de operarios y mantenimiento.</li> </ul>
<p><b>Rachas</b></p>	<p>Quando se observe que <b>siete o más puntos consecutivos se encuentran por encima o por debajo de la media</b>, se supondrá que ocurre algo anormal.</p>  <p>Puede indicar, por ejemplo, si R está bajo control, cambios en la media debido a cambios de materia prima, de servicio de mantenimiento, etc.</p>



<p><b>Periodicidades</b></p>	<p><b>Repetición de agrupamientos mediante la sucesión de ciclos o valles.</b> Indican la presencia de efectos periódicos.</p>  <p>Por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gráfico X: cambios de temperatura, oscilaciones de corriente.</li> <li>■ Gráfico R: turnos, acciones de mantenimiento.</li> </ul>
<p><b>Inestabilidad</b></p>	<p>Se denota por <b>grandes fluctuaciones que pueden producir uno o más puntos fuera de los límites de control.</b></p>  <p>Este comportamiento puede ser debido a un sobreajuste de la máquina, diferentes materiales mezclados en el almacén o a la falta de entrenamiento de operario de la máquina.</p>

### Sobreestabilidad

La variabilidad de las muestras es menor que la esperada de forma que **los puntos se acumulan en la línea central**.



Esta acumulación de puntos puede indicar que:

- Los límites de control están mal calculados o no actualizados.
- Los datos se han tomado incorrectamente.
- Se ha producido un cambio positivo temporal en el proceso.

Es importante investigar la causa que produce esta situación ya que el análisis de las causas que la producen supone una oportunidad para reducir la variabilidad del proceso y aumentar su capacidad.

## TABLA DE FACTORES PARA CONSTRUIR GRÁFICOS DE CONTROL

Muestra con n	Gráfico de Medias		Gráfico de Rangos o Recorridos						
	Factores para Límites de Control		Factores para Línea Central		Factores para Límites de Control				
	A	A <sub>2</sub>	d <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
2	2,121	1,880	1,128	2,660	0,853	0	3,686	0	3,267
3	1,732	1,023	1,693	1,772	0,888	0	4,358	0	2,574
4	1,500	0,729	2,059	1,457	0,880	0	4,698	0	2,282
5	1,342	0,577	2,326	1,290	0,864	0	4,918	0	2,114
6	1,225	0,483	2,534	1,184	0,848	0	5,078	0	2,004
7	1,134	0,419	2,704	1,110	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924
8	1,061	0,373	2,847	1,054	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864
9	1,000	0,337	2,970	1,010	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816
10	0,949	0,308	3,078	0,975	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777

BUREAU

VERITAS

## ÁREAS DE FORMACIÓN



## FORMACIÓN SUBVENCIONADA A LAS EMPRESAS

Bureau Veritas Business School es Entidad Organizadora de Gestión de las subvenciones a la Formación, ofreciendo el servicio de impartir y gestionar su Formación con las siguientes ventajas:

- Realizar la formación en el momento en que la empresa lo necesite.
- Tramitación de la documentación ante la Fundación Tripartita para la subvención de la Formación a cargo del Crédito Anual de la empresa.
- En la Plataforma de Formación [www.bvbusiness-school.com](http://www.bvbusiness-school.com) puede conocer los trámites para agrupar su empresa, ver la oferta de formación e inscribir a trabajadores en los Cursos.

## Gráficos de Control por Variables

© Bureau Veritas Formación, S.A.  
Bureau Veritas Business School

Depósito Legal: AS-03361-2007

*Director del Proyecto:* Luis Lombardero

*Dirección Pedagógica:* Carmen González

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley. Queda prohibida toda reproducción total o parcial de la obra por cualquier medio o procedimiento sin autorización previa.

**Teléfono: 902 350 077**

**E-mail: [marketing@es.bureauveritasformacion.com](mailto:marketing@es.bureauveritasformacion.com)**

**[www.bvbusiness-school.com](http://www.bvbusiness-school.com)**